Beiträge zur Kenntnis des Desmidiaceen-Protoplasten

III. Permeabilität für Nichtleiter

Von Ingeborg Krebs

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien

Mit 6 Textabbildungen

(Vorgelegt in der Sitzung am 19. Juni 1952)

Einleitung.

Die vergleichende Permeabilitätsforschung hat in den letzten zwei Jahrzehnten einen großen Aufschwung erfahren. Die zur Zeit unterscheidbaren 5 Typen von Permeabilitätsreihen (Höfler 1942, Biebl 1948) brachte Höfler (1950) anschaulich zur Darstellung: Amidophiler Porentyp, amidophiler Lösungstyp, amidophober Lösungstyp, Zuckertyp und Ultrafiltertyp.

Permeabilitätsmessungen an Algen wurden zumal an Diatomeen angestellt (Marklund 1936, Elo 1937, Höfler 1940, 1943). Die Literatur über hohe Permeabilität an Blaualgen hat Kuchar (1950) zusammengestellt. Die Characeen sind von Collander und seiner Schule eingehendst untersucht worden; sonst liegen über Chlorophyceen, von marinen *Siphonales* und *Siphonocladiales* abgesehen, nur einzelne Befunde vor. — Über *Conjugaten,* die sonst zu zellphysiologischen Untersuchungen so reichlich herangezogen worden sind, gibt es nur spärliche Angaben. Lepeschkin (1909) untersuchte als erster mit quantitativer Methodik die Glycerinpermeabilität von *Spirogyra.* Viel später stellte Marklund (1936) für *Zygnema cyanosporum* und Elo (1937) für *Spirogyra* sp. grenzplasmolytisch gewonnene quantitative Reihen der Permeationskonstanten auf. Untersuchungen über die Permeabilität der Desmidiaceen sind noch nicht veröffentlicht.

Über die ungemein niedrige Intrabilität der Desmidiaceen berichtet Höfler (1951). Das Plasmalemma vieler Arten schließt

auffallend dicht ab. Dennoch ist das Permeabilitätsverhalten der Desmidiaceen, wie meine Versuche zeigen sollen, ein weitgehend normales.

Zur plasmometrischen Permeabilitätsmessung konnten nur wenige Formen ausgewählt werden, deren Zellen gut meßbar sind und die in genügender Menge vorhanden waren. Am besten entsprachen diesen Anforderungen unter den verfügbaren Arten *Pleurotaenium Ehrenbergii* und *Closterium Dianae*. Daneben wurde eine größere Zahl von Arten mit komplizierteren Zellformen nach der Deplasmolysezeitmethode von Hofmeister (1948) beobachtet.

Methode.

Zur Bestimmung der Permeabilität des Desmidiaceenplasmas für verschiedene Plasmolytika wurde die plasmometrische Methode von Höfler (1918 a, b, c; 1934 a, b) verwendet. Hier und bei Hofmeister 1935 und Kreuz 1940 wurde diese Methode bereits ausführlich dargestellt. Die Zellform von *Pleurotaenium Ehrenbergii* ist nahezu zylindrisch, so daß in diesem Fall die Formel $G = \frac{l - \frac{b}{3}}{h}$ zur Anwendung gelangen konnte; G ist der Plasmolysegrad, l die Länge des Protoplasten, b die Zellbreite, h die Länge der Zelle. Alle 5 oder 10 Minuten wurde die Länge des Protoplasten gemessen und dann die Differenz G_2—G_1 gebildet. Diese Differenz des Plasmolysegrades, bezogen auf eine Stunde, ist Δ G. Die Zellenden von *Pleurotaenium Ehrenbergii* (Abb. 2, S. 293) sind leicht verjüngt, was durch eine kleine Korrektur der gemessenen Zellänge h berücksichtigt werden kann, im übrigen aber als Fehlerquelle gegenstandslos ist. Ebenso kann die leichte, wellenförmige Anschwellung beiderseits des Isthmusringes, die leer liegt, unberücksichtigt bleiben. Natürlich sind schlanke Zellen mit zylindrischen und nicht tonnenförmig erweiterten Zellhälften zu wählen.

Bei *Closterium Dianae* (Abb. 1) lag der Fall komplizierter, da diese Zellen hornförmig gekrümmt sind. Solche Zellen wurden bisher zu quantitativen plasmometrischen Messungen noch nicht herangezogen. Ratschläge bezüglich der mathematischen Behandlung der Volumsverhältnisse verdanke ich der freundlichen Hilfe Herrn Professor Müllers. Man kann sich die Form der *Closteriumzelle* aus lauter immer kleiner werdenden Doppelkegelstümpfen zusammengesetzt denken. Die Volumina ähnlicher Doppelkegel verhalten sich wie die Kuben ihrer Höhen.

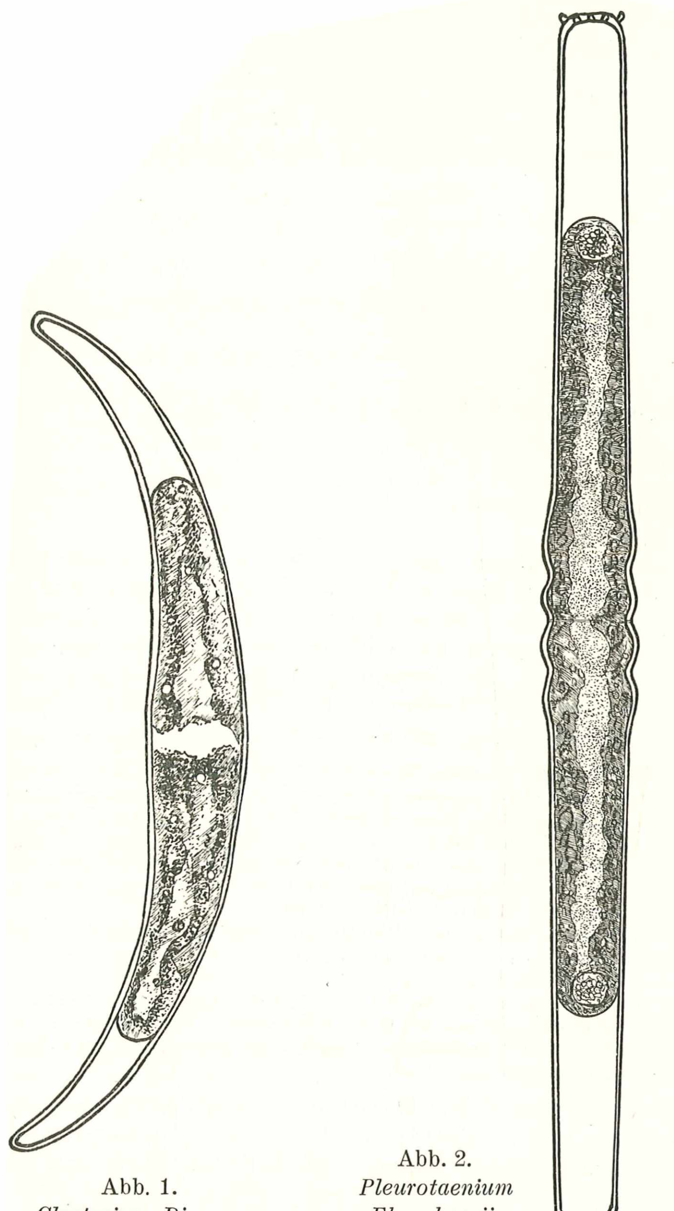


Abb. 1.
Closterium Dianae.

Abb. 2.
Pleurotaenium Ehrenbergii.

$$V_1 : V_2 = h^3 : (h - l)^3 \qquad V_2 = V_1 \left(\frac{h-l}{h}\right)^3$$

$$x = \frac{V_2 - V_1}{V_2} = 1 - \frac{V_1}{V_2} = 1 - \left(\frac{h-l}{h}\right)^3 \qquad \frac{l}{h} = y$$

$$\underline{\underline{x = 1 - (1 - y)^3}} \qquad \frac{dx}{dy} = 3\,(1 - y)^2$$

$y = \frac{l}{h}$; kann alle Werte von 0 bis 1 annehmen.

$y =$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$x =$	0	0,271	0,488	0,657	0.784	0,875	0,936	0,973	0,992	0,999	1
$\frac{dx}{dy} =$	3										0

x wächst von $y = 0$ bis $y = 1$ stets an.

$\frac{dx}{dy}$ nimmt von $y = 0$ bis $y = 1$ stets ab.

Daher die Formel $x = 1 - (1 - y)^3$.

Aus der aus obiger Zahlenreihe konstruierten Kurve kann aus dem Verhältnis der Länge des Protoplasten zur Zellänge das Volumsverhältnis abgelesen und so der Plasmolysegrad verhältnismäßig rasch bestimmt werden. Die Differenz der Plasmolysegrade ergibt dann wieder Δ G. Die Protoplasten lagen bei den gemessenen Zellen von *Closterium Dianae* auch während der Rückdehnung so parallel der Mittelachse, daß sich hier eine Korrektur erübrigt.

Als Plasmolytika wurden Harnstoff, Methylharnstoff, Malonamid, Glycerin, Erythrit und Traubenzucker verwendet. Auf die Heranziehung anderer (zum Teil schädigender) Plasmolytika, die nur im Partialverfahren angewandt werden könnten (Hofmeister 1935, 1948), wurde vorläufig verzichtet. Die Herstellung der einmolaren Stammlösungen erfolgte mit aqua bidestillata. Die Verdünnung auf die jeweils benötigte Konzentration wurde mit Moorwasser vom Standort durchgeführt.

Die Algen wurden mittels Pipette auf den Objektträger gebracht und das Wasser abgesaugt. Darauf wurde rasch die Lösung zugesetzt und das Deckglas aufgelegt. Bei längerer Versuchsdauer wurden die Präparate mit Vaseline eingeschlossen, um das Verdunsten der Lösung zu verhindern. Die Messungen erfolgten mit einem Okularmikrometer. Ein Teilstrich entspricht 3,3 μ. Gegenüber anderen Autoren glaubte ich mich auf ganze Teilstriche beschränken zu können.

Bei der Permeabilitätsbestimmung nach der Deplasmolysezeit von Hofmeister (1948) wurde zunächst grenzplasmolytisch der osmotische Wert bestimmt (vgl. Krebs 1951) und dann P′ aus der Formel $\frac{120\ (C - O)}{T\ (C + O)}$ errechnet, wobei C die Konzentration

des Plasmolytikums, O der osmotische Wert der Zelle und T die Deplasmolysezeit darstellt. Näheres über die Ableitung der Formel siehe bei Hofmeister (1948, S. 85 f.).

A. Permeabilität von Harnstoff, Glycerin und Methylharnstoff.

Harnstoff.

Als Beispiel für die Permeationsgeschwindigkeit von Harnstoff sei ein Versuch vom 12. 9. 1949 an bei sonnigem Wetter frisch eingebrachtem Material angeführt.

Um 13h 55 wurde *Closterium Dianae* aus RMK. in 0,8 molaren Harnstoff eingelegt. Temp. 20° Celsius. Die innere Zellbreite betrug in der Zellmitte bei allen vier Zellen 4 Mikrometerteilstriche; 1 Teilstrich entspricht 3,3 μ.

Zelle 1		Zelle 2		Zelle 3		Zelle 4	
h 54		h 50		h 56		h 51	
14h02	l = 35	14h03	l = 39	14h04	l = 34	14h05	l = 31
07	36	08	41	09	36	10	33
12	38	13	44	14	39	15	36
17	39	18	46	19	45	20	40
22	42	23	47	24	47	25	44
Δ G 0,27		Δ G 0,855		Δ G 0,60		Δ G 0,69	

Die folgende Tabelle gibt kurz die Ergebnisse der Versuche über Harnstoffpermeabilität an *Closterium Dianae* wieder, die in der Ramsau bei Schladming an frischem Material durchgeführt worden sind. Die Winterversuche im Wiener Pflanzenphysiologischen Institut folgen später.

Datum	Temp.	Einzelwerte für Δ G						Mittelwert
12. 9. 49	16° C	0,22	0,23					Δ G = 0,225
12. 9. 49	19° C	0,08	0,09	0,11	0,18	0,22	0,2	0,147
12. 9. 49	20° C	0,27	0,855	0,6	0,69			0,604
13. 9. 49	16° C	0,15	0,11	0,285	0,16	0,36		0,213
13. 9. 49	27° C	0.36	0,17	0,15	0,2	0,42		0,260
16. 9. 49	18° C	0,11	0,15	0,21	0,25	0,15		0,174
18. 9. 49	9° C	0,29	0,35	0,31	0,39	0,2		0,308
18. 9. 49	23° C	0,17	0,14	0,8	0,8	0,61		0,504
18. 9. 49	33° C	2,65	2,2					2,425
19. 9. 49	15° C	0,06	0,11	0,14	0,08	1,22		0,122
19. 9. 49	16° C	1,05	0,795	1,515	0,405	0,99		0,991

Datum	Temp.	Einzelwerte für Δ G						Mittelwert
19. 9. 49	16° C	1,14	0,13	0,54	0,66	0,47		0,588
5. 10. 49	22° C	1,035	1,08	1,14	1,74	0,645	1,128	1,128
29. 9. 49	15° C	0,26	0,42	0,285	0,225			0,247
29. 9. 49	21° C	0,16	0,18	0,28	0,14			0,190
9. 10. 49	18° C	0,78						0,780
8. 8. 50	28° C	0,99	1,56	1,71	1,65	1,02		1,386
8. 8. 50	28° C	0,6	1,92	1,5	1,4	1,3		1,364

Ein Beispiel für die Harnstoffpermeabilität an *Pleurotaenium Ehrenbergii,* das ebenfalls in RMK. gesammelt worden war, gibt der Versuch vom 13. 9. 1950. Die Temperatur betrug 25° C. Die Zellen waren um 15 Uhr 01 in 0,8 molaren Harnstoff eingelegt und das Präparat mit Vaseline verschlossen worden.

Zelle 1		Zelle 2		Zelle 3		Zelle 4		Zelle 5	
h 120		h 154		h 120		h 119		h 139	
15h18	l = 88	15h19	l = 140	15h20	l = 94	15h21	l = 96	15h22	l = 117
23	96	24	149	25	103	26	105	27	121
28	105	29	dpl.	30	112	31	114	32	131
33	115			35	117	36	dpl.	37	135
Δ G 0,88		Δ G 0,72		Δ G 0,76		Δ G 1,50		Δ G 0,48	

Folgende Tabelle gibt wieder die Gesamtübersicht über die in der Ramsau durchgeführten Versuche über Harnstoffpermeabilität an *Pleurotaenium Ehrenbergii* wieder:

Datum	Temp.	Einzelwerte für Δ G						Mittelwert
8. 10. 49	18° C	0,586						Δ G = 0,586
8. 8. 50	28° C	0,627	0,211	0,393				0,410
13. 9. 50	25° C	1,92	2,52	1,92				2,120
13. 9. 50	25° C	0,88	0,72	0,76	0,48	1,5	0,87	0,868
14. 9. 50	25° C	0,86	0,366	0,78	0,669			0,669
14. 9. 50	25° C	0,474	0,738					0,606

Glycerinpermeabilität.

Die Permeationsgeschwindigkeit von Glycerin ist wesentlich geringer als die von Harnstoff. Die höchsten Werte für Δ G lagen bei 0,12 für *Closterium Dianae.* Die übrigen Werte waren niedriger.

Auch für Glycerin sei ein Versuch, und zwar vom 21. 9. 1949 an *Closterium Dianae,* beschrieben. Um 17 Uhr 30 wurde frisches Material aus RMK. in 0,8 molares Glycerin eingeschlossen. Temperatur 22 Grad Celsius.

Zelle 1		Zelle 2		Zelle 3		Zelle 4		Zelle 5	
h 61		h 59		h 54		h 53		h 54	
17h40	l = 31	17h41	l = 30	17h42	l = 26	17h43	l = 40	17h44	l = 27
50	36	51	30	52	29	53	42	54	29
18h00	42	18h01	31	18h02	34	18h03	45	18h04	33
10	48	11	34	12	37	13	47	14	35
20	dpl.	21	37	22	42	23	dpl.	24	40
		31	40	32	45			34	48
		41	44	42	48			44	50
Δ G 0,35		Δ G 0,135		Δ G 0,345		Δ G 0,40		Δ G 0,415	

Die Gesamtergebnisse waren:

Datum	Temp.	Einzelwerte für Δ G					Mittelwert
21. 9. 49	22° C	0,350	0,135	0,345	0,4	0,450	Δ G = 0,325
29. 9. 49	19° C	0,135	0,06	0,045			0,08
6. 10. 49	19° C	0,08	0,08	0,05			0,07
9. 10. 49	18° C	0,12	0,12	0,065	0,065	0,03	0,08

Auch hier verhielt sich *Pleurotaenium Ehrenbergii* ähnlich.

Das zeigt ein Versuch vom 14. 9. 1950. Um 7 Uhr 40 wurden frische Zellen aus RMK. in 0,8 molares Glycerin eingelegt. Temperatur 19 Grad Celsius.

	Zelle 1		Zelle 2			Zelle 3		Zelle 4	
	h 134		h 181			h 152		h 119	
	10h41	l = 78	10h42	l = 131		10h43	l = 96	10h44	l = 63
	11h41	66	11h42	128		11h43	89	11h44	64
	12h41	65	12h42	126		12h43	88	12h44	62
	15h41	63	15h42	118		15h43	97	15h44	72
	16h41	63	16h42	119		16h43	96	16h44	68
	17h41	54	17h42	124		17h43	96	17h44	70
15. 9.	7h41	60	7h42	dpl.		7h43	107	7h44	76
	8h41	64				8h43	110	8h44	81
	17h41	81				17h43	110	17h44	95
					16. 9.	9h43	120		
						11h43	124		
						12h43	126		
					17. 9.	8h41	134		
					18. 9.	8h41	147		
	Δ G 0,0916		Δ G 0,165			Δ G 0,0384		Δ G 0,0908	

Die niedrigeren Werte für Δ G sind auf die niedrigere Temperatur zurückzuführen. Die Exosmose überdeckt lange die Permea-

bilität. Auch bei einem anderen Versuch vom 9. 10. 1949 bei 18° C lagen die Werte für Δ G niedrig, nämlich bei 0,0168; 0,0034; 0,0347. Winterversuche werden noch beschrieben werden.

Methylharnstoff.

Es war, vom vergleichenden protoplasmatischen Standpunkt aus gesehen, von besonderem Interesse, ob Methylharnstoff rascher oder langsamer als Harnstoff permeieren würde. Der erstere Fall läßt im Sinne der Collanderschen Lipoid-Filter-Theorie auf Lösungspermeation, der letztere Fall auf bevorzugte Porenpermeation schließen. Meine Versuche haben gezeigt, daß Methylharnstoff bedeutend rascher als Harnstoff permeiert. Das geht deutlich aus einem Vergleich der beiden folgenden Parallelversuche hervor.

Am 29. 9. 1949 wurde *Closterium Dianae* aus RMK. um 11 Uhr 44 in 0,8 molaren Methylharnstoff eingetragen. Die Temperatur betrug 15,5 Grad Celsius.

Zelle 1		Zelle 2		Zelle 3		Zelle 4		Zelle 5	
h 55		h 53		h 56		h 56		h 54	
11h49	l = 35	11h50	l = 35	11h51	l = 40	11h52	l = 36	11h53	l = 32
54	41	55	41	56	49	57	45	58	50
59	51	12h00	47	12h01	52	12h02	52	12h03	50
Δ G 3,27		Δ G 1,44		Δ G 1,83		Δ G 2,07		Δ G 4,44	

Ein Parallelversuch in 0,8 molarem Harnstoff bei gleicher Temperatur:

Zelle 1		Zelle 2		Zelle 3		Zelle 4	
h 58		h 48		h 52		h 57	
11h10	l = 35	11h11	l = 34	11h13	l = 35	11h14	l = 34
15	37	16	34	18	37	19	37
20	38	21	34	23	38	24	39
25	40	26	34	28	40	29	42
30	42	31	35	33	42	34	42
35	42	36	36	38	43	39	43
40	45	41	38	43	43	44	43
Δ G 0,26		Δ G 0,42		Δ G 0,285		Δ G 0,225	

Bei einer Wiederholung des Versuches wurden für *Closterium Dianae* bei 21 Grad Celsius in 0,8 molarem Methylharnstoff die Werte Δ G = 3,45; 2,20; 2,60; und für *Pleurotaenium Ehrenbergii* Δ G = 1,125 gefunden.

Der Parallelversuch in 0,8 molarem Harnstoff lieferte für *Closterium Dianae* die Werte: Δ G = 0,16; 0,18; 0,28; 0,14.

Das Verhältnis von Δ G Harnstoff zu Methylharnstoff beträgt im ersten Versuch 1 : 9, im zweiten 1 : 14.

Sowohl Harnstoff als auch Methylharnstoff permeieren in dem Maß, wie es ihrer Löslichkeit entspricht. Die Harnstoffpermeabilität erscheint nicht gefördert (vgl. Collander 1949), so daß wir es hier mit dem Lösungstyp zu tun haben. Nach Collander und Bärlund (1933) ist die Harnstoffpermeabilität schon bei Chara in gewissem Maße gefördert, obwohl sie noch weit hinter der des Methylharnstoffes zurückbleibt.

Am 28. 9. 1949 wurde gemeinsam mit Professor Höfler an *Closterium Dianae* ein Versuch durchgeführt, in dem die Rückdehnung in 0,8 molarem Glycerin, 0,8 molarem Harnstoff und 0,8 molarem Methylharnstoff verglichen wurde. Die Temperatur betrug 18 Grad Celsius.

	Δ G	Δ G	Δ G
Glycerin	0,035	0,09	0,08
Harnstoff	0,275	0,25	—
Methylharnstoff	3,075	1,5	1,05

Setzt man G von Harnstoff gleich 1, so bekommt man folgendes Verhältnis:

Harnstoff : Methylharnstoff : Glycerin = 1 : 6,46 : 0,025.

Die bisher mitgeteilten Versuche zeigen eindeutig, daß Methylharnstoff schneller als Harnstoff und dieser wieder rascher als Glycerin permeiert. Damit können wir die Desmidiaceen als dem Normal-Typ zugehörig bezeichnen. Diese Verallgemeinerung erscheint insofern gestattet, da neben den plasmometrisch meßbaren Arten auch zahlreiche andere nach der Deplasmolysezeitmethode beobachtet wurden. Wir dürfen schon aus den Permeabilitätskonstanten für diese drei Verbindungen annehmen, daß das Plasma der Desmidiaceen dem amidophilen Lösungstyp angehört. Später mitzuteilende Messungen werden diesen Schluß bestätigen.

Einige Beobachtungen über die Abhängigkeit der Permeabilität von Licht und Temperatur.

a) Temperatur.

Die in der Tabelle S. 295 und 296 zusammengestellten Werte der Harnstoffpermeabilität bei *Closterium Dianae* sind vielfach bei gesteigerter Temperatur erhöht. Einige orientierende Versuche, die eine Erhöhung der Permeabilität durch höhere Temperaturen wahrscheinlich machen, seien hier kurz erwähnt:

Closterium Dianae aus RMK. wurde bei 9° C in 0,8 molaren Harnstoff eingelegt und Δ G mit:

0,29, 0,35, 0,31, 0,39, 0,20, Mittelwert: 0,31,

bestimmt. Das gleiche Material wurde durch Einstellen in leicht erwärmtes Wasser auf 23° C erwärmt und ergab die Werte:

0,17, 0,80, 0,14, 0,80, 0,61, Mittelwert: 0,50.

Gleiches Material wurde der vollen Sonne ausgesetzt und gleich dem daneben stehenden Plasmolytikum auf 33° C erwärmt. Dabei ergaben sich für Δ G die Werte 2,65 und 2,2.

Aus Tabelle S. 295 wurden die Durchschnittswerte für Δ G bei den verschiedenen Temperaturen bestimmt und Q_{10} errechnet:

Temperatur	Δ G	Q_{10}
9—15° C	Δ G = 0,226	Q_{10} = 2,06
15—21° C	Δ G = 0,439	
21—27° C	Δ G = 0,631	Q_{10} = 2,68
27—33° C	Δ G = 1,725	Q_{10} = 5,34

b) Licht.

Es war von vornherein anzunehmen, daß die Temperatur nicht der einzige die Permeabilität beinflussende Faktor sei. Bei konstanter Temperatur wurden die Permeabilitätswerte bei *Cl. Dianae* in verschiedener Belichtung orientierend untersucht.

Closterium Dianae, das 24 Stunden verdunkelt gehalten worden war, wurde in 0,8 molaren Harnstoff eingebettet. Δ G betrug bei 16° C:

0,06, 0,11, 0,14, 0,08, 0,22, Mittelwert: 0,12.

Belichtetes gleiches Material ergab bei gleicher Temperatur für Δ G die Werte:

1,05, 0,795, 1,515, 0,405, 0,99, Mittelwert: 0,95.

Bei mäßiger Belichtung an einem trüben Regentag wurden bei 16° C die Werte:

1,14, 0,13, 0,54, 0,66, 0,47, Mittelwert: 0,59,

gemessen.

Aus diesen wenigen Versuchen, denen ich freilich bloß orientierenden Wert beimessen kann, geht der Einfluß von Licht und Temperatur auf die Permeabilität klar hervor. Es zeigt sich deutlich, daß sowohl verstärkte Belichtung als auch erhöhte Temperatur die Permeabilität fördern. — Doch bleibt dieses Gebiet noch im einzelnen zu bearbeiten.

Winterversuche aus Wien.

Alle Proben wurden in Wien in gleicher Weise, wie es Höfler schon seit Jahren praktiziert hat, im Pflanzenphysiologischen Institut in Kultur genommen. Die Gläschen wurden teils an Nordfenstern, teils an Ostfenstern und zu einem Teil in durchströmten Wasserbecken gehalten. Die Desmidiaceen befanden sich in so gutem Zustande, daß bei verschiedenen Arten Teilungen zu beobachten waren (vgl. Kapitel 1). Bei *Pleurotaenium Ehrenbergii* habe ich vereinzelt, dreimal im ganzen, Teilung beobachtet, bei *Closterien* nie.

Die Permeabilität für Harnstoff und Glycerin ist im Sommer und Winter ziemlich gleich. Wenn doch kleine Unterschiede vorliegen, waren sie an meinem Material so gering, daß sie völlig ausreichend mit Temperatur- und Belichtungsänderungen verständlich gemacht werden können.

Als Beispiel für die winterliche Permeabilität bei *Pleurotaenium Ehrenbergii* sei ein Versuch vom 7. 2. 1950 bei 16 Grad Celsius angeführt.

Die Zellen wurden um 11 Uhr 52 in 0,8 molaren Harnstoff eingelegt.

Zelle 1		Zelle 2		Zelle 3		Zelle 4		Zelle 5	
h 137		h 131		h 103		h 106		h 130	
12^h06	l = 125	12^h07	l = 116	12^h08	l = 84	12^h09	l = 90	12^h10	l = 116
11	127	12	121	13	89	14	95	15	121
16	130	17	126	18	93	19	101	20	125
21	132	22	129	23	98	24	104	25	128
26	135	27	dpl.	28	101	29	dpl.	30	129
31	dpl.			33	102			35	dpl.
				38	dpl.				
Δ G 0,219		Δ G 0,397		Δ G 0,495		Δ G 0,528		Δ G 0,30	

Am 8. 2. 1950 wurde *Closterium Dianae* bei gleicher Temperatur um 10 Uhr 24 in 0,8 molaren Harnstoff eingelegt.

Zelle 1		Zelle 2		Zelle 3		Zelle 4		Zelle 5	
h 50		h 54		h 61		h 51		h 51	
10^h28	l = 24	10^h29	l = 34	10^h30	l = 43	10^h31	l = 33	10^h32	l = 32
33	26	34	35	35	44	36	35	37	35
38	27	39	36	40	46	41	38	42	39
43	28	44	38	45	49	46	41	47	43
48	30	49	39	50	52	51	44	52	dpl.
53	32	54	41	55	54	56	47		
58	34	59	43	11^h00	dpl.	11^h01	dpl.		
11^h03	36	11^h04	44						
Δ G 0,19		Δ G 0,24		Δ G 0,465		Δ G 0,63		Δ G 0,57	

Durch Sonnenbestrahlung wurde das gleiche Material auf 22 Grad Celsius erwärmt. *Closterium Dianae* wurde um 12 Uhr 21 in 0,8 molaren Harnstoff eingelegt.

Zelle 1		Zelle 2		Zelle 3	
h 50		h 52		h 57	
12h25	l = 38	12h26	l = 46	12h28	l = 46
30	45	31	48	33	53
35	dpl.	36	51	38	dpl.
Δ G 2,64		Δ G 1,32		Δ G 2,88	

Pleurotaenium Ehrenbergii wurde um 12 Uhr 45 in 0,8 molaren Harnstoff eingelegt, gleichfalls nach halbstündiger Sonnenbestrahlung und Erwärmung auf 22 Grad Celsius.

Zelle 1		Zelle 2		Zelle 3		Zelle 4		Zelle 5	
h 130		h 122		h 131		h 112		h 106	
12h49	l=124	12h50	l=106	12h51	l=113	12h52	l=91	12h53	l=98
54	127	55	110	56	115	57	96	58	103
59	dpl.	13h00	115	13h01	122	13h02	102		
		05	dpl.						
Δ G 0,276		Δ G 0,442		Δ G 0,412		Δ G 0,589		Δ G 0,566	

Ich erhielt im Februar 1950 schönes Desmidiaceenmaterial, das Dozent Schindler bei einer winterlichen Fahrt in die Ramsau im RT. gesammelt hatte (vgl. Cholnoky-Schindler 1951). Es wurde in die Messung einbezogen, die ähnliche Ergebnisse wie das von mir seit Herbst kultivierte Material lieferte. Die mit ** in der Tabelle, die die Gesamtübersicht über alle Versuche zeigt, bezeichneten Ergebnisse, beziehen sich auf dieses Material.

Pleurotaenium Ehrenbergii in 0,8 molarem Harnstoff:

Datum	Temp.	Einzelresultate für Δ G						Mittelwert
7. 2. 50	16° C	0,219	0,397	0,495	0,528	0,3		Δ G = 0,388
8. 2. 50	22° C	0,276	0,442	0,412	0,589	0,566		0,457
23. 2. 50	16° C	0,323	1,017	0,595				0,645
23. 2. 50	16° C	0,008	0,007					0,008
25. 2. 50	18° C	0,801						0,801
**25. 2. 50	18° C	0,820	0,710	0,508	0,412	0,694	0,473	0,602
**25. 2. 50	19° C	0,365	0,413					0,388
26. 2. 50	20° C	0,486	0,496	0,709				0,564
27. 2. 50	17° C	0,419	0,210					0,315
1. 3. 50	19° C	0,381	0,336	0,457				0,391
1. 3. 50	19° C	0,443	0,449	0,950	0,394	0,274		0,483

Closterium Dianae in 0,8 molarem Harnstoff:

Datum	Temp.	Einzelresultate für Δ G					Mittelwert
8. 2. 50	16° C	0,19	0,24	0,465	0,63	0,57	0,419
8. 2. 50	22° C	2,64	1,32	2,88			2,28

Closterium Dianae in 0,8 molarem Glycerin:

Datum	Temp.	Einzelresultate für Δ G				Mittelwert
9. 2. 50	18° C	0,065	0,06	0,03		0,052

Pleurotaenium Ehrenbergii in 0,8 molarem Glycerin:

Datum	Temp.	Einzelresultate für Δ G				Mittelwert
9. 2. 50	15° C	0,0201	0,0046	0,003	0,0016	0,0073
**15. 2. 50	18° C	0,0048	0,0026			0,0037

Abhängigkeit der Harnstoff- und Glycerinpermeabilität von der Wasserstoffionenkonzentration.

Die Abhängigkeit der Harnstoff- und Glycerinpermeabilität von dem p_H-Wert wurde an *Closterium Dianae* untersucht. Zunächst wurden die Zellen eine Stunde lang in einer Lösung gewässert, die aus 9 Teilen Moorwasser und einem Teil Stammpuffer bestand, also den Puffer in der üblichen Verdünnung von 1/150 n enthielt. Die Algen wurden mit der Pipette mit dem Moorwasser aufgesaugt und auf den Objektträger gebracht, wo mit Filtrierpapier abgesaugt wurde. Nach Zusetzen einer Lösung aus 9 Teilen 0,9 molarem Harnstoff (in H_2O) und einem Teil Stammpuffer begann die Messung.

Die Puffer waren die üblichen Phosphatpuffer, die aus n/10 HCl, primärem und tertiärem Phosphat bestanden.

	n/10 HCl	I	III
p_H 3,1	1	9	—
p_H 4,8	—	10	—
p_H 7,1	—	7	3
p_H 10,1	—	4	6

Der Versuch vom 15. 9. 1949, bei rund 18 Grad Celsius durchgeführt, ergab folgende Werte für Δ G, die in Harnstoff bestimmt wurden:

p_H	Δ G						Mittelwert
3,1	0,042	0,06	0,025	0,023	0,025		Δ G = 0,035
4,8	0,305	0,1	0,15	0,105	0,115		0,155
7,1	0,32	0,49	0,36	0,57	0,25		0,398
10,1	0,335	0,73	0,56	0,35	0,99		0,615
11	0,15	0,16	0,14	0,27	0,09		0,162
Harnstoff	0,8	0,11	0,15	0,21	0,25	0,15	0,174

Die Wiederholung des Versuches am 5. 10. 1949 ergab dann aber keine Erhöhung der Permeationsgeschwindigkeit nach der alkalischen Seite hin:

pH	ΔG					Mittelwert
3,1	0,46	0,14	0,675			ΔG = 0,425
4,8	0,26	0,19	0,225	0,09		0,153
7,1	0,51	0,84	0,78	0,34		0,617
10,1	0,15	0,23	0,16	0,27	0,12	0,186
11	0,455	0,25	0,22	0,505		0,357

Der Versuch vom 21. 9. 1949 mit Glycerin bei 21° C ließ ebenfalls keine Abhängigkeit vom pH-Wert erkennen:

pH	ΔG						Mittelwert
3,1	0,375	0,255	0,54	0,78	0,24		ΔG = 0,438
4,8	0,345	0,465	0,27	0,945	0,3	0,465	0,465
7,1	0,28	0,155	0,525	0,390	0,340		0,338
10,1	0,57	0,465	0,93	0,135	0,135		0,555
Glycerin	0,35	0,185	0,345	0,4	0,415		0,339

Ein Parallelversuch Harnstoff-Glycerin in pH 3,1 und pH 10,1 brachte folgende Resultate:

		ΔG					Mittelwert
pH 3,1	Harnstoff	0,73	0,42	0,14			ΔG = 0,43
	Glycerin	0,02	0,02	0,11	0,04		0,047
pH 10,1	Harnstoff	0,54	0,48	1,32	2,40		1,185
	Glycerin	0,74	0,11	0,24	0,85		0,485
Harnstoff		1,035	1,08	1,14	1,74	0,65	1,128
Glycerin		0,32	0,15	0,26	0,7	0,21	0,34

Die Wiederholung dieses Versuches ließ dagegen wieder keine gesetzmäßige Abhängigkeit der Harnstoff- und Glycerinpermeabilität von der Wasserstoffionenkonzentration erkennen.

		ΔG					Mittelwert
pH 3,1	Harnstoff	0,435	0,7	0,431	0,56	0,14	ΔG = 0,453
	Glycerin	0,23	0,06	0,05			0,113
pH 10,1	Harnstoff	0,73	0,5	0,46	0,58	0,35	0,524
	Glycerin	0,07	0,04	0,02	0,11	0,08	0,064

Bei kritischer Betrachtung der Ergebnisse kann nicht von einer gesetzmäßigen Abhängigkeit der Harnstoff- und Glycerinpermeabilität vom p_H-Wert gesprochen werden. Der erste Versuch

läßt zwar den Eindruck aufkommen, daß die Permeationsgeschwindigkeit vom sauren zum alkalischen Bereich hin, das ist von p_H 3,1 bis p_H 10,1, mäßig zunimmt, jedoch andere Versuchsreihen konnten dieses Ergebnis nicht bestätigen. Vielleicht ist hier der Versuchsausfall auf noch nicht erfaßbare Faktoren zurückzuführen, und es wäre an größerem Versuchsmaterial bei statistischer Auswertung doch eine Gesetzmäßigkeit zu finden.

Als Rottenburg 1943 die Abhängigkeit der Harnstoff- und Glycerinpermeabilität von der Wasserstoffionenkonzentration an mehreren Objekten untersuchte, fand sie an Gewebszellen von *Majanthemum bifolium, Tradescantia elongata, Muscari racemosum, Taraxacum officinale* und *Lamium purpureum* einen klaren Anstieg der Permeabilität von der sauren zur alkalischen Seite, während bei Objekten vom rapiden Harnstoff-Typ, wie *Campanula trachelium* und *Gentiana austriaca,* bei denen die „Porenpermeabilität“ vorherrscht, keine solche Erhöhung im alkalischen Bereich zu beobachten war; bei der einzig untersuchten Alge *Zygnema* fand Rottenburg keine faßbare Einwirkung der Wasserstoffionenkonzentration auf die Harnstoff- und Glycerinpermeabilität. Die Permeationswerte streuten bei den verschiedenen p_H-Werten über einen ungefähr gleich weiten Bereich.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß hier ein Zusammenhang mit der Dicke des Plasmalemmas besteht. Durch Plasmolyse mit Natriumkarbonat hat Höfler 1951 in eingehenden Versuchen gezeigt, daß die Desmidiaceen gegen dieses sonst so schädigende Plasmolytikum weitgehend resistent sind, was auf ein besonders starkes Abschließen des Plasmalemmas zurückzuführen ist. Wahrscheinlich ist die Ausbildung des Plasmalemmas auch die Ursache für die, wenn überhaupt vorhandene, so doch recht geringe Abhängigkeit der Harnstoff- und Glycerinpermeabilität von der Wasserstoffionenkonzentration.

B. Plasmolyseverlauf in langsam permeierenden Lösungen

(Traubenzucker, Malonamid und Erythrit).

Zur Charakterisierung des Plasmas und Erfassung der Permeabilitätsreihen ist außer der Kenntnis der Permeationsgeschwindigkeit von Harnstoff, Methylharnstoff und Glycerin auch die Bestimmung des Permeiervermögens von Zucker, Malonamid und Erythrit nötig. Wie kennzeichnend für das Plasma die Durchlässigkeit gerade für diese Stoffe ist, haben die Arbeiten von

Marklund 1936, Elo 1937, Höfler 1940 an Diatomeen deutlich gezeigt.

Der vorgezeichnete Weg war also, den Verlauf der Volumsausdehnung der Protoplasten in unschädlichen Plasmolyticis, wie z. B. Traubenzucker, durch mehrere Tage hin zu verfolgen, um die Amplitude dieser Volumsschwankungen kennenzulernen, und dann auf Grund des Materials die Interpretation der Kurven zu versuchen.

Ist das osmotische Gleichgewicht zwischen Zellsaft und plasmolysierender Außenlösung erreicht, so bewirkt ja nicht nur die Permeation des Zuckers eine Ausdehnung des Protoplasten, sondern zugleich die Exosmose von osmotisch wirksamen Zellsaftstoffen eine Verkleinerung desselben. Außerdem könnten eventuelle chemische Umsetzungen in der Zelle Erhöhung oder Verringerung des osmotischen Wertes, also Volumsschwankungen beiderlei Sinnes, bewirken. Aus der Physiologie der Gewebszellen höherer Pflanzen sind die mit „Anatonose" verbundenen Umsetzungen von Zucker in organische Säuren am besten bekannt.

Traubenzuckerpermeabilität.

Nachdem im Juli 1949 zahlreiche Versuche an *Closterium striolatum* und *Closterium angustatum* angestellt worden waren, arbeitete ich im Sommer 1950 mit *Pleurotaenium Ehrenbergii,* an dem exakte Volumsmessungen der Protoplasten durchführbar sind. *Closterium striolatum* ist für genaue Messungen ungeeignet, weil die Fehler bei der Volumsbestimmung durch die seitliche Abhebung des Protoplasten von der Zellwand zu groß sind (vgl. Krebs 1951, S. 607).

Am 14. Juli 1950 wurde *Pleurotaenium Ehrenbergii,* das bei schönem Wetter tags zuvor im RMK. frisch gesammelt worden war, in 0,5 molaren Traubenzucker eingeschlossen und das Präparat an einem hellen, aber vor Sonne geschützten Platz aufbewahrt. Die Versuchslösung war aus der mit aqua bidestillata zubereiteten Stammlösung mit Standortswasser verdünnt worden, so daß sie die einmolare Stammlösung in halber Konzentration enthielt. Die Protoplasten wurden zweimal täglich gemessen und dabei auch immer die Temperatur notiert. Die Temperaturschwankungen während der vieltägigen Versuchsdauer müßten in Kauf genommen werden. Die Temperaturen zur Zeit der Messungen sind in den Kurvendiagrammen angegeben. Die Änderung der Plasmolysegrade läßt sich anschaulich in Kurvenform darstellen (Abb. 3). In der Tabelle 1 und 2 sind die jeweiligen Längen

der Protoplasten und die Plasmolysegrade angegeben. Für die Zeit, in der die Kurven steil ansteigen, wurde Δ G mit:

0,0031 0,0059 0,0041 0,0055 0,0042 0,0067 0,0026
0,0039 0,0045 0,0012 0,0062 0,0043 0,0043 0,0052
0,0035 0,0038 0,0086 0,0024

berechnet. Der Mittelwert betrug Δ G = 0,00444.

Am 4. September 1950 wurde *Pleurotaenium Ehrenbergii* vom gleichen Standort, ebenfalls frisch gesammelt, in 0,5 molaren Traubenzucker eingeschlossen; siehe Tabelle 3 und 4 und Kurve Abb. 4.

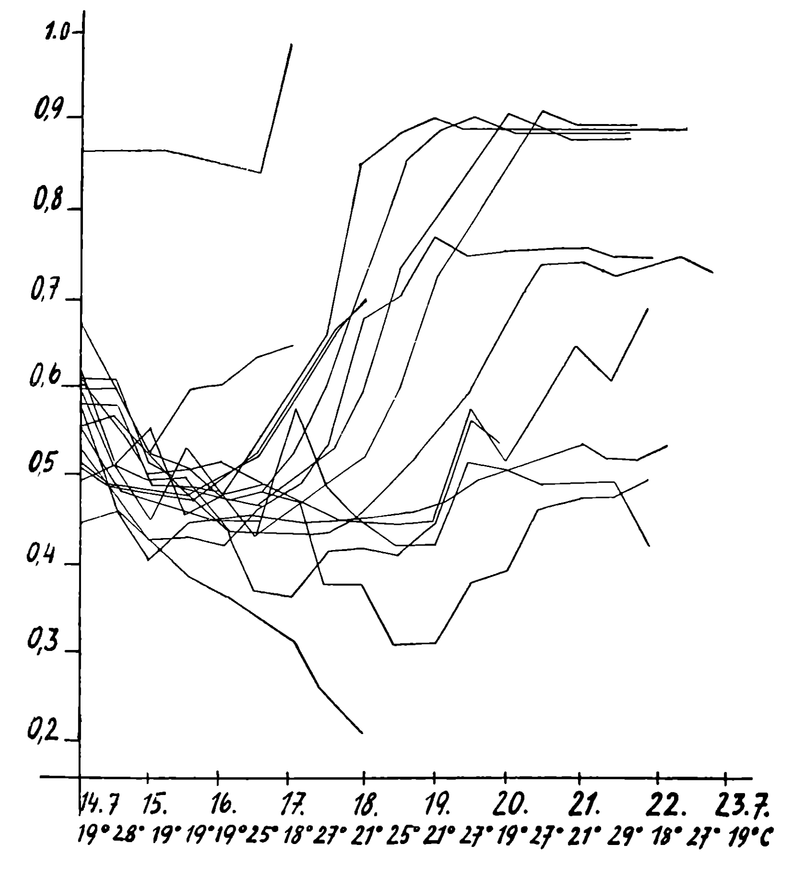


Abb. 3. *Pleurotaenium Ehrenbergii* in 0,5 mol Traubenzucker.

Pleurotaenium Ehrenbergii in 0,5 mol Traubenzucker. Ta-

Zeit		Zelle 1		Zelle 2		Zelle 3		Zelle 4		Zelle 5	
		h	124	h	134	h	169	h	175	h	124
		l	G	l	G	l	G	l	G	l	G
14. 7.	9^h 35— 9^h 55	68	,54$_9$	84	,62$_6$	98	,58$_0$	98	,56$_0$	67	,45$_0$
	17^h 35—17^h 55	61	,49$_3$	68	,50$_8$	98	,58$_0$	100	,57$_2$	57	,46$_0$
15. 7.	9^h 35— 9^h 55	60	,48$_4$	66	,49$_3$	84	,49$_7$	92	,52$_4$	51	,41$_0$
	17^h 35—17^h 55	58	,46$_8$	67	,50$_0$	83	,49$_1$	90	,51$_4$	48	,38$_7$
16. 7.	9^h 35— 9^h 55	55	,44$_4$	70	,52$_3$	77	,45$_6$	84	,48$_0$	65	,36$_3$
	17^h 35—17^h 55	46	,37$_1$	66	,49$_3$	77	,45$_6$	86	,49$_1$	36	,34$_2$
17. 7.	9^h 35— 9^h 55	45	,36$_3$	63	,47$_0$	80	,57$_3$	83	,47$_4$	34	,31$_2$
	17^h 35—17^h 55	51	,41$_1$	51	,38$_1$	83	,49$_1$	80	,45$_7$	30	,26$_0$
18. 7.	9^h 35— 9^h 55	52	,41$_9$	51	,38$_1$	77	,45$_6$	80	,45$_7$	26	,21$_3$
	17^h 35—17^h 55	51	,41$_1$	41	,30$_6$	71	,42$_0$	79	,45$_1$		
19. 7.	9^h 35— 9^h 55	55	,44$_4$	42	,31$_3$	72	,42$_6$	80	,45$_7$		
	17^h 35—17^h 55	71	,57$_3$	51	,38$_0$	87	,51$_5$	98	,56$_0$		
20. 7.	9^h 35— 9^h 55	65	,52$_4$	53	,39$_6$	85	,50$_3$	93	,53$_2$		
	17^h 35—17^h 55	73	,58$_9$	62	,46$_3$	73	,43$_2$	92	,52$_6$		
21. 7.	9^h 35— 9^h 55	80	,64$_5$	64	,47$_8$	77	,45$_6$	94	,53$_7$		
	17^h 35—17^h 55	76	,61$_3$	64	,47$_8$	73	,43$_2$	92	,52$_0$		
23. 7.	9^h 35— 9^h 55	85	,68$_6$	67	,50$_0$	73	,43$_2$	91	,52$_0$		
	17^h 35—17^h 55			61	,45$_5$	71	,42$_0$	93	,53$_2$		

belle 1. 1 Teilstrich entspricht 3,3 μ.

Zelle 6		Zelle 7		Zelle 8		Zelle 9		Zelle 10		Temperatur
h 137		h 129		h134		h 128		h 126		
l	G	l	G	l	G	l	G	l	G	
73	$,53_4$	72	$,55_9$	83	$,62_0$	68	$,53_1$	70	$,55_6$	19° C
65	$,47_5$	61	$,47_3$	74	$,55_2$	60	$,46_9$	66	$,52_4$	28° C
60	$,43_8$	55	$,42_7$	71	$,53_0$	57	$,44_5$	60	$,47_7$	19° C
58	$,42_4$	52	$,40_4$	73	$,54_5$	52	$,40_7$	56	$,44_4$	19° C
57	$,41_6$	52	$,40_4$	62	$,46_3$	56	$,43_8$	58	$,46_0$	19° C
56	$,40_9$	53	$,41_1$	65	$,48_5$	56	$,43_8$	58	$,46_0$	25° C
57	$,41_6$	53	$,41_1$	66	$,49_3$	56	$,43_8$	56	$,44_4$	18° C
54	$,39_4$	52	$,40_4$	61	$,45_5$	53	$,41_4$	55	$,43_6$	27° C
56	$,40_9$	64	$,49_7$	63	$,47_0$	57	$,44_6$	66	$,52_4$	21° C
55	$,40_7$	63	$,48_9$	60	$,44_8$	54	$,42_2$	62	$,49_2$	25° C
56	$,40_9$	58	$,45_0$	58	$,43_3$	56	$,43_8$	68	$,54_0$	21° C
64	$,46_7$	71	$,55_0$	51	$,38_1$	71	$,55_5$	71	$,56_4$	27° C
69	$,50_4$	66	$,51_2$	60	$,44_8$	65	$,50_8$	69	$,54_8$	19° C
69	$,50_4$	67	$,52_0$	52	$,38_8$	62	$,48_4$	66	$,52_4$	27° C
68	$,49_7$	62	$,48_1$	53	$,39_5$	58	$,45_2$	55	$,43_6$	21° C
68	$,49_7$	61	$,47_3$	51	$,38_1$	55	$,43_0$	59	$,46_8$	29° C
72	$,52_6$	63	$,48_9$	52	$,38_8$	53	$,41_4$	59	$,46_8$	18° C
72	$,52_6$	63	$,48_9$	51	$,38_1$	53	$,41_4$	60	$,47_7$	27° C

Pleurotaenium Ehrenbergii in 0,5 mol Traubenzucker. Ta-

Zeit	Zelle 1		Zelle 2		Zelle 3		Zelle 4		Zelle 5	
	h 113		h 142		h 166		h 129		h 157	
	l	G	l	G	l	G	l	G	l	G
14. 7. 9h 15— 9h 35	87	,76$_8$	96	,67$_2$	101	,61$_0$	68	,52$_7$	95	,60$_5$
17h 15—17h 35	98	,86$_6$	85	,59$_5$	83	,50$_0$	62	,48$_1$	95	,60$_5$
15. 7. 9h 15— 9h 35	99	,87$_6$	75	,52$_5$	83	,50$_5$	56	,43$_4$	80	,51$_0$
17h 15—17h 35	97	,85$_8$	85	,59$_5$	73	,44$_0$	55	,43$_4$	77	,49$_0$
16. 7. 9h 15— 9h 35	96	,85$_0$	87	,60$_1$	73	,44$_0$	56	,42$_6$	75	,47$_8$
17h 15—17h 35	95	,84$_2$	91	,63$_6$	72	,43$_4$	59	,43$_4$	72	,45$_9$
17. 7. 9h 15— 9h 35	108	,98$_0$	92	,64$_4$	77	,43$_7$	62	,45$_7$	77	,49$_0$
17h 15—17h 35					76	,45$_8$	68	,48$_1$	82	,52$_3$
18. 7. 9h 15— 9h 35					83	,50$_5$	87	,52$_7$	94	,59$_9$
17h 15—17h 35					90	,54$_3$	91	,67$_5$	114	,72$_6$
19. 7. 9h 15— 9h 35					99	,59$_7$	100	,70$_6$	124	,78$_9$
17h 15—17h 35					110	,67$_0$	97	,77$_6$	134	,85$_2$
20. 7. 9h 15— 9h 35					121	,73$_5$	98	,76$_6$	143	,91$_0$
17h 15—17h 35					122	,73$_7$	98	,76$_0$	141	,89$_8$
21. 7. 9h 15— 9h 35					120	,72$_5$	98	,76$_0$	140	,89$_1$
17h 15—17h 35					122	,73$_7$	97	,75$_3$	140	,89$_1$
23. 7. 9h 15— 9h 35					124	,74$_9$	97	,75$_3$	140	,89$_1$
17h 15—17h 35					121	,73$_5$	96	,74$_8$	141	,89$_3$

belle 2. 1 Teilstrich entspricht 3,3 μ.

Zelle 6		Zelle 7		Zelle 8		Zelle 9		Zelle 10		Temperatur
h	123	h	171	h	183	h	117	h	154	
l	G	l	G	l	G	l	G	l	G	
63	,51$_2$	102	,59$_6$	100	,57$_9$	52	,44$_4$	86	,55$_8$	19° C
60	,48$_8$	88	,51$_4$	84	,45$_9$	48	,41$_0$	79	,51$_3$	28° C
59	,48$_0$	76	,44$_4$	75	,41$_0$	50	,42$_7$	72	,46$_7$	19° C
58	,47$_3$	74	,53$_3$	81	,44$_3$	50	,42$_7$	70	,45$_4$	19° C
62	,50$_4$	78	,45$_6$	82	,44$_8$	49	,41$_9$	71	,46$_1$	19° C
64	,62$_0$	82	,48$_0$	82	,44$_8$			69	,44$_8$	25° C
73	,59$_4$	90	,52$_6$	85	,46$_4$			68	,44$_8$	18° C
80	,65$_0$	103	,60$_1$	81	,44$_2$			66	,42$_7$	27° C
86	,69$_9$	113	,66$_0$	84	,45$_9$			69	,44$_8$	21° C
		146	,85$_2$	83	,45$_3$			69	,44$_8$	25° C
		152	,88$_8$	85	,46$_1$			70	,45$_4$	21° C
		155	,90$_4$	90	,49$_2$			92	,59$_7$	27° C
		153	,89$_4$	92	,50$_3$			92	,59$_7$	19° C
		153	,89$_4$	90	,49$_2$			93	,60$_4$	27° C
		152	,88$_8$	90	,49$_2$			93	,60$_4$	21° C
		152	,88$_8$	90	,49$_2$			93	,60$_4$	29° C
		152	,88$_8$	77	,42$_1$			92	,59$_7$	18° C
				77	,42$_1$			92	,59$_7$	27° C

Pleurotaenium Ehrenbergii in 0,5 mol Traubenzucker. Ta-

Zeit		Zelle 1		Zelle 2		Zelle 3		Zelle 4	
		h	167	h	179	h	179	h	138
		l	G	l	G	l	G	l	G
5. 9.	8h 50 – 9h 30	120	,68$_1$	113	,62$_8$	122	,67$_8$	85	,61$_6$
	16h 50—17h 30	123	,69$_8$	99	,55$_3$	113	,62$_8$	86	,62$_4$
6. 9.	8h 50— 9h 30	118	,67$_0$	87	,48$_6$	107	,59$_5$	73	,52$_0$
	16h 50—17h 30	120	,68$_1$	88	,49$_2$	114	,63$_4$	78	,56$_5$
7. 9.	8h 50— 9h 30	126	,71$_6$	95	,53$_1$			83	,60$_2$
	16h 50—17h 30	131	,74$_4$					83	,60$_2$
8. 9.	8h 50— 9h 30	136	,77$_2$					91	,66$_0$
	16h 50 17h 30	143	,81$_2$					76	,55$_1$
9. 9.	8h 50— 9h 30	143	,81$_2$						
	16h 50—17h 30								
10. 9.	8h 50— 9h 30								

Pleurotaenium Ehrenbergii in 0,5 mol Traubenzucker. Ta-

Zeit		Zelle 1		Zelle 2		Zelle 3		Zelle 4	
		h	176	h	188	h	170	h	167
		l	G	l	G	l	G	l	G
5. 9.	8h 50— 9h 30	137	,78$_0$	121	,64$_7$	121	,71$_1$	61	,36$_5$
	16h 50—17h 30	138	,78$_4$	117	,62$_4$	120	,70$_6$	61	,36$_5$
6. 9.	8h 50— 9h 30	138	,78$_4$	112	,59$_6$	120	,70$_6$	58	,34$_7$
	16h 50—17h 30	139	,79$_0$	111	,59$_0$	130	,76$_4$	63	,37$_7$
7. 9.	8h 50— 9h 30	148	,84$_1$			133	,78$_4$	69	,41$_3$
	16 50—17h 30	149	,85$_1$			125	,73$_5$	70	,41$_9$
8. 9.	8h 50— 9h 30	152	,86$_4$					74	,44$_3$
	16h 50—17h 30	158	,90$_0$					73	,43$_7$
9. 9.	8h 50— 9h 30								

belle 3.

1 Teilstrich entspricht 3,3 μ.

Zelle 5		Zelle 6		Zelle 7		Zelle 8		Zelle 9		Temperatur
h	180	h	176	h	156	h	140	h	135	
l	G	l	G	l	G	l	G	l	G	
158	,87$_{8}$	146	,82$_{9}$	156	,91$_{3}$	111	,79$_{2}$	69	,51$_{1}$	16° C
149	,82$_{6}$	142	,80$_{6}$	153	,89$_{5}$	105	,75$_{0}$	64	,47$_{4}$	17° C
140	,77$_{7}$	149	,84$_{6}$	151	,88$_{4}$	110	,78$_{6}$	59	,34$_{7}$	17° C
142	,78$_{9}$	155	,88$_{0}$	154	,90$_{1}$	114	,81$_{4}$	63	,46$_{7}$	20° C
152	,84$_{4}$	157	,89$_{1}$	158	,92$_{4}$	125	,89$_{2}$	74	,54$_{9}$	18° C
157	,87$_{2}$	164	,93$_{0}$	159	,93$_{0}$	139	,99$_{2}$	83	,61$_{5}$	24° C
161	,89$_{4}$	168	,95$_{4}$	162	,94$_{8}$			95	,70$_{4}$	19° C
165	,91$_{6}$	166	,94$_{3}$					98	,72$_{6}$	19° C
167	,92$_{8}$							95	,70$_{4}$	19° C
175	,97$_{2}$							102	,75$_{6}$	21° C
171	,95$_{0}$							100	,74$_{1}$	18° C

belle 4.

1 Teilstrich entspricht 3,3 μ.

Zelle 5		Zelle 6		Zelle 7		Zelle 8		Zelle 9		Temperatur
h	171	h	174	h	163	h	184	h	188	
l	G	l	G	l	G	l	G	l	G	
114	,66$_{7}$	132	,75$_{8}$	112	,68$_{7}$	139	,75$_{4}$	120	,63$_{8}$	16° C
116	,67$_{8}$	123	,70$_{7}$	106	,65$_{0}$	139	,75$_{4}$	113	,60$_{1}$	17° C
110	,64$_{2}$	126	,72$_{4}$	100	,61$_{3}$	131	,71$_{2}$	114	,60$_{6}$	17° C
119	,69$_{5}$	133	,76$_{4}$	102	,62$_{6}$	139	,75$_{4}$	115	,61$_{2}$	20° C
127	,74$_{2}$			105	,64$_{4}$	146	,79$_{3}$			18° C
				110	,67$_{5}$	156	,84$_{7}$			24° C
				126	,77$_{3}$	159	,86$_{2}$			19° C
						168	,91$_{0}$			19° C
						172	,93$_{4}$			19° C

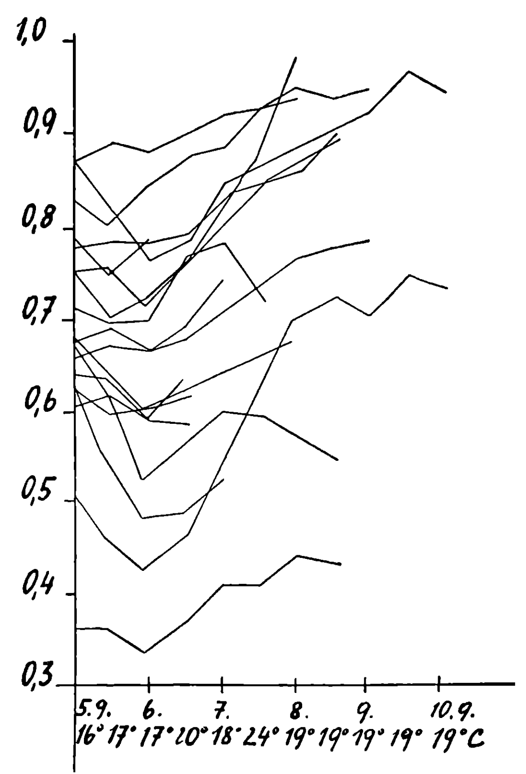


Abb. 4. *Pleurotaenium Ehrenbergii* in 0,5 mol Traubenzucker.

Zum Vergleich habe ich zwei Kurven nach den Angaben Höflers (1926 „Über die Zuckerpermeabilität plasmolysierter Protoplaste"), welche die Traubenzuckerpermeabilität der Stengelepidermis von *Gentiana Sturmiana* und von *Majanthemum bifolium* zeigen, gezeichnet (Abb. 5 und Abb. 6).

Die im September an *Pleurotaenium Ehrenbergii* ermittelten Werte für Δ G waren ähnliche den Augustwerten:

0,0038	0,0032	0,0022	0,0041	0,0023	0,0033
0,0037	0,0025	0,0018	0,0048	0,0029	0,0024
0,0026	0,0014	0,0050	0,0051.	Mittelwert: 0,00313.	

Am 30. September 1949 wurde *Closterium Dianae* aus RMK. in 0,8 molarem Traubenzucker 2 Tage lang beobachtet. Es trat bei allen 10 Zellen nur Verkürzung des Protoplasten, aber nirgends Ausdehnung ein. Der Versuch wurde damals vorzeitig abgebrochen.

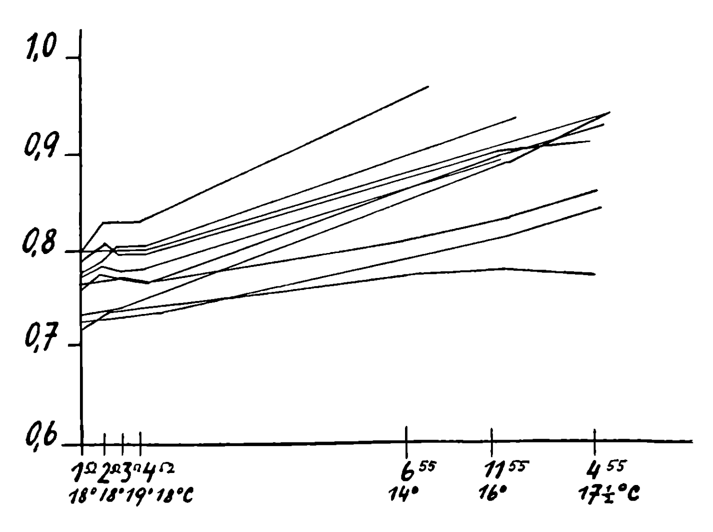


Abb. 5. *Majanthemum bifolium.*

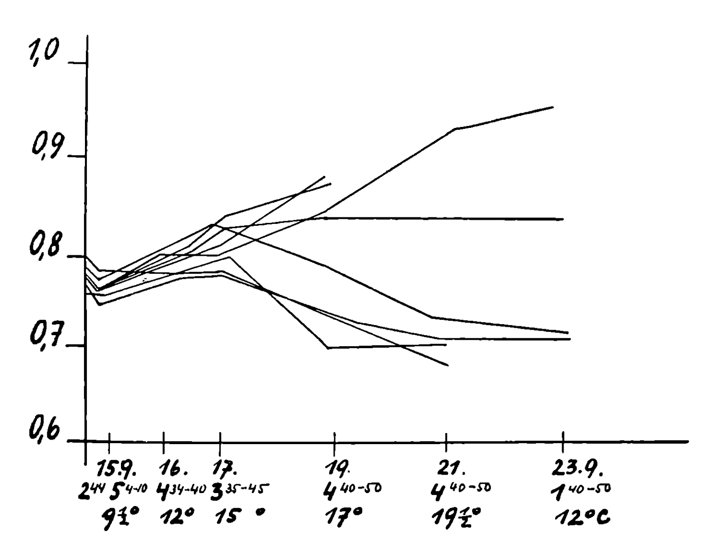


Abb. 6. *Gentiana Sturmiana.*

Die Zellen von *Closterium striolatum*, *Cl. angustatum* und *Cl. Baillyanum*, die im Juli 1949 untersucht und gemessen worden waren, verhielten sich nach qualitativer Schätzung der Protoplastenvolumina ähnlich wie *Pleurotaenium Ehrenbergii.* Wie schon oben erwähnt, haben aber die Messungen an diesen Objekten nur beschränkten Wert, da die Längsabhebung nicht berücksichtigt werden kann, ebenso wie die Krümmung der Zelle und der kleinere Durchmesser an den Zellenden. Um dennoch wenigstens ein ungefähres Bild vom Plasmolyseverlauf dieser Zellen zu vermitteln, ist die Veränderung der Länge der Protoplasten in Tabelle 5—8 in Mikrometerteilstrichen angegeben. Ein Teilstrich entspricht 3,3 μ.

Plasmolyseverlauf in Traubenzucker bei *Closterium striolatum.*

Tabelle 5.

Datum	Z. 1	Diff.	Z. 2	Diff.	Z. 3	Diff.	Z. 4	Diff.	Z. 5	Diff.	Z. 6	Diff
20. 7. 49	l = 32		l = 46		l = 45		l = 58		l = 40		l = 50	
21. 7. 49	28	−4	46	0	41	−4	48	−10	38	−2	52	+2
22. 7. 49	28	0	54	+8	37	−4	52	+4	39	+1	52	0
24. 7. 49	31	+3	65	+11	37	0	52	0	41	+2	50	−2
25. 7. 49	36	+5	65	0	37	0	52	0	43	+2	50	0
27. 7. 49	32	−4	89	+24			59	+7	46	+3	64	+14
28. 7. 49			89	0			63	+4				
29. 7. 49			89	0			65	+2				
30. 7. 49							65	0				
31. 7. 49							66	+1				

Tabelle 6.

Datum	Z. 7	Diff.	Z. 8	Diff.	Z. 9	Diff.	Z. 10	Diff.	Z. 11	Diff.	Z. 12	Diff.
20. 7. 49	l = 43		l = 53		l = 58		l = 50		l = 48		l = 40	
21. 7. 49	44	+1	50	−3	36	−22	40	−10	43	−5	31	−9
22. 7. 49	49	+5	49	−1	35	−1	39	−1	41	−2	30	−1
24. 7. 49	41	−8	49	0	35	0	42	+3	42	+1	31	+1
25. 7. 49	53	+12	53	+4	42	+7	43	+1	46	+4	33	+2
27. 7. 49			56	+3	43	+1	44	+1	46	0	34	+1
28. 7. 49			65	+9	52	+9	49	+5	55	+9	36	+2
29. 7. 49			71	+6	55	+3					37	+1

Tabelle 7.

Datum	Z. 1	Diff.	Z. 2	Diff.	Z. 3	Diff.	Z. 4	Diff.
20. 7. 49	l = 44		l = 43		l = 31		l = 26	
21. 7. 49	35	− 9	37	− 6	27	− 4	28	+ 2
22. 7. 49	35	0	36	− 1	25	− 2	28	0
23. 7. 49	35	0	37	+ 1	27	+ 2	29	+ 1
24. 7. 49	36	+ 1	42	+ 5	27	0		
25. 7. 49	37	+ 1	42	0	31	+ 4		
27. 7. 49	39	+ 2	44	+ 2	31	0		
28. 7. 49	40	+ 1	45	+ 1	36	+ 5		

Plasmolyseverlauf in Traubenzucker bei *Closterium angustatum* und *Closterium Baillyanum*.

Tabelle 8.

Datum	Cl. ang.	Diff.	Cl. ang.	Diff.	Cl. B.	Diff.	Cl. B.	Diff.	Cl. B.	Diff.
20. 7. 49	l = 76		l = 79		l = 60		l = 72		l = 54	
21. 7. 49	60	− 16	78	− 1	50	− 10	57	− 15	48	− 6
22. 7. 49	65	+ 5	76	− 2	51	+ 1	56	− 1	48	0
24. 7. 49	64	− 1	78	+ 2	53	+ 2	57	+ 1	48	0
25. 7. 49	68	+ 4	77	− 1	58	+ 5	59	+ 2	52	+ 4
27. 7. 49	102	+ 34	100	+ 23	59	+ 1	60	+ 1	52	0
28. 7. 49	102	0			62	+ 3	60	0	54	+ 2
29. 7. 49					68	+ 6	63	+ 3		

Erwähnenswert sind die Plasmakappen, die bei *Closterium angustatum* und *Cl. striolatum* zur Zeit der stärksten Ausdehnung fast immer ausgebildet sind und dann manchmal wieder verschwinden.

Wenn man also den Plasmolyseverlauf kurz charakterisiert, so herrscht zunächst zweifellos Exosmose vor. Daß es sich nur um weiter fortschreitende Plasmolyse, die durch das Eintrocknen und daher Konzentrierterwerden der Lösung zustande kommt, handelt, kommt nicht in Frage, da die Präparate mit einer dicken Vaselineschicht von der Luft abgeschlossen sind und nur wenige kleine Luftblasen zur Gesunderhaltung der Zellen mit eingeschlossen

wurden. Bei den im Juli untersuchten Zellen hält die Verkürzung der Protoplasten zwei bis drei Tage an, bei den im September gemessenen Zellen nur ein bis zwei Tage. Es braucht sich bei dieser Verkleinerung der Protoplasten nicht nur um ein Austreten verschiedener Stoffe handeln, sondern es ist auch möglich, daß dabei chemische Stoffumsetzungen eine Rolle spielen. Doch möchte ich deshalb noch nicht von „Katatonose“ und „Anatonose“ sprechen, denn unter diesen in der älteren Literatur viel gebrauchten Ausdrücken war ursprünglich eine regulative Änderung der osmotischen Werte verstanden worden. Die exakten Messungen an *Pleurotaenium Ehrenbergii* zeigen, daß einerseits eine solche Exosmose, die nach Erreichung des osmotischen Gleichgewichtes stattfindet, bei den Algenzellen plasmometrisch faßbar ist, daß außerdem aber auch chemische Umsetzungen im Protoplasten vor sich gehen, die in kleineren Änderungen des osmotischen Wertes ihren Ausdruck finden. Da das osmotische Gleichgewicht beim Plasmolyseeintritt bei Desmidiaceen in längstens 10 bis 15 Minuten erreicht wird, handelt es sich bei allen in unserem Zeitmaßstab erfaßten Volumsschwankungen um Vorgänge der früher aufgezählten Art, um Zuckerpermeabilität, Exosmose von Zellsaftstoffen oder chemische Umsetzungen in der Vakuole.

Das Absinken der Kurvenäste, das z. B. im Hochsommerversuch an *Pleurotaenium Ehrenbergii* in den ersten zwei bis drei Tagen das Bild beherrscht, ist wahrscheinlich auf Exosmose von Vakuolenstoffen aus dem Protoplasten zurückzuführen. Weiterhin folgt dann in der Mehrzahl der intakten Protoplasten ein erst langsameres und dann rascheres Ansteigen der Kurvenäste. Die Volumszunahme ist aller Wahrscheinlichkeit nach auf die Endosmose von Zucker in die Protoplasten zurückzuführen. Wir können also mit Vorbehalt aus diesen Kurvenstücken Permeationswerte der Protoplasten berechnen. Im September ist die anfängliche Volumsschwankung und die Rückdehnung der Protoplasten geringer als im Sommer. Das weist auf eine etwas geringere Zuckerpermeabilität hin, die aber doch in der gleichen Größenordnung liegt. Die Zellen sterben auch relativ früher ab. Während der Längsausdehnung der Protoplasten bleibt der Chromatophor zurück, so daß der grüne Mittelteil des Protoplasten vorübergehend von zwei farblosen Enden flankiert ist. In einzelnen Fällen dehnt sich der Chromatophor später auch aus, so daß er bis in die Menisken reicht. Meist bleiben die nicht grünen, nur vom Plasma erfüllten Enden aber erhalten. Im letzten Abschnitt der Versuche schwankt das Volumen der Protoplasten nur noch wenig. Das mag einerseits auf Verminderung der Zuckerdurchlässigkeit der Proto-

plasten zurückzuführen sein, andererseits weist die leichte Volumsverkleinerung am Ende der Kurven vielleicht auch auf eine neuerliche leichte Exosmose hin, die am Tage vor dem Absterben einsetzt.

Bei unvoreingenommener Betrachtung der Kurven ist es sehr wahrscheinlich, daß es sich bei der Vergrößerung der Protoplasten um Zuckerpermeabilität handelt. Die Permeationsgeschwindigkeit ist nicht übermäßig hoch; die errechnete Größenordnung der Zuckerpermeabilität entspricht durchaus dem, was für den Normaltyp bekannt ist. Höfler (1926) findet für *Majanthemum bifolium* eine Permeabilität für Traubenzucker von Δ G 0,00636 und für Fruchtzucker Δ G 0 00874. Hofmeister fand 1935 an mehreren Objekten eine ähnliche Größenordnung, wie z. B. bei *Potamogeton natans, Muscari racemosum, Caltha palustris, Ranunculus repens* und *Taraxacum officinale* (vgl. Hofmeister 1942).

Jedenfalls steht fest, daß die Desmidiaceen auch nicht annähernd eine Zuckerpermeabilität von solcher Höhe zeigen, wie sie für einige Diatomeen mit Sicherheit nachgewiesen ist, daß das Desmidiaceenplasma also nicht dem „Diatomeen-Typ" angehört.

Permeabilität für Malonamid und Erythrit.

Ich habe zwei andere langsam permeierende Diosmotika an *Closterium Dianae* und *Pleurotaenium Ehrenbergii* auf ihr Permeiervermögen geprüft, nämlich Malonamid und Erythrit. Malonamid, das von Collander und Bärlund (1933) erstmalig herangezogen worden war, spielt als relativ großmolekulares und durch seine Unschädlichkeit ausgezeichnetes Amid in den Permeabilitätsreihen eine große Rolle (vgl. Collander und Bärlund, Höfler, Hofmeister, Marklund und Elo).

Als Beispiel für die Permeation von Malonamid seien zwei Versuche vom 30. 9. 1949 angeführt:

Closterium Dianae aus RMK. wurde um 10 Uhr 55 bei einer Temperatur von 20 Grad Celsius in 0,75 molares Malonamid eingelegt.

Zelle 1	Zelle 2	Zelle 3	Zelle 4	Zelle 5
h 52	h 53	h 56	h 54	h 50
13^h 25 l = 21	13^h 26 l = 21	13^h 27 l = 36	13^h 28 l = 31	13^h 29 l = 23
17^h 25 23	17^h 26 29	17^h 27 40	17^h 28 37	17^h 29 31
1. 10. 49				
10^h 25 30	10^h 26 30	10^h 27 dpl.	10^h 28 dpl.	10^h 29 dpl.
Δ G 0,0038	Δ G 0,0038	Δ G 0,01	Δ G 0,015	Δ G 0,0187

Zelle 6		Zelle 7		Zelle 8		Zelle 9		Zelle 10	
h 51		h 56		h 60		h 54		h 57	
13h 30	l = 25	13h 31	l = 27	13h 32	l = 29	13h 33	l = 30	13h 34	l = 35
17h 30	27	17h 31	28	17h 32	31	17h 33	34	17h 34	44
1. 10. 49									
10h 30	dpl.	10h 31	dpl.	10h 32	53	10h 33	dpl.	10h 34	dpl.
Δ G 0,005		Δ G 0,0045		Δ G 0,0045		Δ G 0,012		Δ G 0,026	

Zugleich mit *Closterium Dianae* wurde auch *Pleurotaenium Ehrenbergii* in 0,75 molares Malonamid eingelegt.

	Zelle 1		Zelle 2		Zelle 3		Zelle 4	
	h 141		h 132		h 198		h 177	
	13h 35	l = 95	13h 36	l = 111	13h 37	l = 157	13h 38	l = 131
	17h 35	97	17h 36	118	17h 37	157	17h 38	131
1. 10. 49	10h 35	dpl.	10h 36	dpl.	10h 37	dpl.	10h 38	dpl.
	Δ G 0,00355		Δ G 0,01325					

Übersicht über die Gesamtheit der bei *Closterium Dianae* ermittelten Werte:

Datum	Temp.	Einzelwerte für Δ G					Mittelwert
29. 9. 49	15° C	0,015	0,0096	0,0118	0,0516	0,0414	0,0259
9. 10. 49	18° C	0,0166	0,0966				0,0566
28. 9. 49	18° C	0,0035	0,0063	0,0118	0,0033	0,0022	0,0042
30. 9. 49	20° C	0,0038	0,0038	0,01	0,0015	0,0187	
		0,005	0,0045	0,0045	0,0112	0,026	0,0102

Übersicht über die Gesamtheit der bei *Pleurotaenium Ehrenbergii* ermittelten Werte:

Datum	Temp.	Einzelwerte für Δ G				Mittelwert
28. 9. 49	18° C	0,0125	0,0118			0,0122
29. 9. 49	15° C	0,0076	0,0098	0,0077	0,0238	0,01222
30. 9. 49	20° C	0,0035	0,0133			0,0084

Erythrit wird seit Overton als vierwertiger Alkohol in der Permeationsreihe zwischen Glycerin und die langsam permeierenden fünf- und sechswertigen Zucker gestellt. Er gehört zu den besten Plasmolytika überhaupt. Selbst in hypertonischen Lösungen bleiben die Zellen noch tagelang am Leben. Da die Molekülgröße geringer ist als bei Rohrzucker, tritt er auch durch Zellwände, bei denen Rohrzucker bereits osmotischen Kollaps hervorruft. Höfler führte 1934 erstmalig quantitative plasmometrische Untersuchungen über die Durchlässigkeit von Pflanzenzellen für Erythrit durch; Bärlund untersuchte 1929 grenzplasmolytisch

die Aufnahme in Rhoeo-Zellen. Marklund ermittelte 1936 an *Zygnema cyanophorum* die Permeationskonstante von Erythrit mit P′ 0,012 und Elo für *Spirogyra* sp. mit 0,022.

Als Beispiel für die Permeation von Erythrit seien zwei Versuche vom 9. 10. 1949 angeführt:

Closterium Dianae aus RMK. wurde um 10 Uhr 25 in 0,7 molaren Erythrit eingelegt; die Temperatur betrug 18 Grad Celsius.

Zelle 1		Zelle 2		Zelle 3		Zelle 4		Zelle 5	
h 57		h 55		h 47		h 33		h 55	
13h 29	l = 31	13h 30	l = 28	13h 31	l = 18	13h 32	l = 50	13h 33	l = 31
16h 29	30	16h 30	27	16h 31	19	16h 32	32	16h 33	32
18h 29	29	18h 30	27	18h 31	19	18h 32	29	18h 33	28
10. 10. 49									
8h 29	l = 29	8h 30	35	8h 31	19	8h 32	24	8h 33	31
12h 29	30	12h 30	35	12h 31	19	12h 32	24	12h 33	34
11. 10. 49									
8h 29	l = 35	8h 30	32	8h 31	19	8h 32	26	8h 33	35
13h 29	dpl.	13h 30	32	13h 31	19	13h 32	27	13h 33	35
		17h 30	34	17h 31	21	17h 32	27	17h 33	36
Δ G 0,0025		Δ G 0,00093		Δ G 0,00031		Δ G 0,0012		Δ G 0,00062	

Pleurotaenium Ehrenbergii, ebenfalls aus RMK., wurde gleichzeitig mit *Closterium Dianae* in 0,7 molaren Erythrit eingeschlossen.

Zelle 1		Zelle 2		Zelle 3		Zelle 4		Zelle 5	
h 177		h 136		h 147		h 135		h 138	
13h 24	l = 140	13h 25	l = 66	13h 26	l = 85	13h 27	l 66	13h 28	l = 58
16h 24	135	16h 25	56	16h 26	73	16h 27	68	16h 28	60
18h 24	134	18h 25	53	18h 26	73	18h 27	59	18h 28	69
10. 10. 49									
8h 24	l = 158	8h 25	44	8h 26	60	8h 27	51	8h 28	43
12h 24	158	12h 25	44	12h 26	67	12h 27	46	12h 28	43
11. 10. 49									
8h 24	l = 158	8h 25	43	8h 26	68	8h 27	45	8h 28	43
13h 24	121	13h 25	43	13h 26	61	13h 27	53	13h 28	42
17h 24	123	17h 25	45	17h 26	62	17h 27	50	17h 28	41
Δ G 0,0084		Δ G 0,0074		Δ G 0,0017		Δ G 0,0056		Δ G 0,0018	

Übersicht über die Permeationswerte von Erythrit bei *Closterium Dianae:*

Datum	Temp.	Einzelwerte für Δ G					Mittelwert
29. 9. 49.	15° C	0,0064	0,0162	0,0064	0,0066		0,00888
30. 9. 49.	18° C	0,0023	0,0058	0,0028	0,0087	0,01	
		0,0065	0,0044	0,0042	0,0053	0,0027	0,00526
9. 10. 49.	18° C	0,0025	0,00093	0,00031	0,012	0,00062	0,00111

Übersicht über die Permeationswerte von Erythrit bei *Pleurotaenium Ehrenbergii:*

Datum	Temp.	Einzelwerte für Δ G					Mittelwert
9. 9. 49.	18° C	0,0084	0,0074	0,0017	0,0056	0,0018	0,00498
30. 9. 49.	18° C	0,0025	0,00274				0,00622

Die Permeabilität von Malonamid entspricht ungefähr der Durchschnittspermeabilität der amidophilen Typen. Die Permeabilität für Erythrit ist etwas höher als die für Traubenzucker, liegt aber in derselben Größenordnung.

Vergleicht man die Mittelwerte für Δ G für die verschiedenen Plasmolytika und ihr Verhältnis zueinander, wenn Harnstoff gleich eins ist, so ist das Ergebnis folgendes:

Plasmolytikum	Δ G	Verhältniswert
Methylharnstoff	2,6800	4,915
Harnstoff	0,5452	1
Glycerin	0,0441	0,0808
Malonamid	0,0176	0,0322
Erythrit	0,0043	0,00789
Traubenzucker	0,0037	0,00678

Die Permeabilitätsreihe des Desmidiaceenplasmas entspricht demnach dem Chara-Majanthemum-Typ oder dem amidophilen Lösungstyp der Plasmapermeabilität.

Anhang.

Permeabilitätsbestimmung an verschiedenen Desmidiaceen mit unregelmäßiger Zellform.

Im Sommer 1951 wurden an zahlreichen Arten, die mit der plasmometrischen Methode nicht erfaßt werden konnten, vergleichende Permeabilitätsversuche nach der Deplasmolysezeitmethode von Hofmeister 1948 durchgeführt. Nach der grenzplasmolytischen Feststellung des osmotischen Wertes wurde P′ aus der Formel $\frac{120\ (C - O)}{T\ (C + O)}$ errechnet, wobei C die Konzentration des Plasmolytikums, O der osmotische Wert der Zelle und T die Deplasmolysezeit bedeutet. Die Versuche dienten zur Überprüfung der an *Closterium Dianae* und *Pleurotaenium Ehrenbergii* gewonnenen Werte. Da es sich nur um einen Vergleich der Harnstoff- und Glycerinpermeabilität handelte, wurden die Werte in P′ ausgedrückt und nicht in Δ G umgerechnet.

	0,8 Ha.	0,6 Harnst.	0,8 Gl.	0,6 Glyc.
Cylindrocystis Breb.	0,68		0,9 1,3	
Netrium Digitus	0,28	2,46 2,41 1,98 1,64 1,23 1,00 0,96 0,9 0,85 0,82 0,7 0,65 0,55 0,52 **MP' : 1,14**	0,19	2,46 2,00 1,64 1,23 1,00 0,96 0,85 0,85 0,73 0,7 0,57 0,44 0,41 **MP' : 1,08**
Closterium didymotocum	0,209 0,13	0,206 0,19	0,017 0,016	0,021
Cl. angustatum .		0,98	0,0075	0,034
Cl. striolatum .	0,09 0,26 0,046	0,44 0,43 0,41 0,41 0,37 0,35 0,046 **MP' : 0,35**		0,041 0,037 0,034 0,015 0,013 0,011 0,01 0,006 0,006 0,004 0,003 **MP' : 0,0175**
Cl. parvulum	0,38 0,2	1,0 1,0 0,8 0,66 0,44 **MP' : 0,96**	0,19	1,0 0,8 0,41 **MP' : 0,71**
Cl. Lunula				0,029
Cl. gracile		2,0 1,33 1,0 1,0 0,8 0,66 0,44 **MP' : 1,06**	0,036	0,024 0,015 0,111 **MP' : 0,05**
Cl. rostratum .		1,33 1,0		0,4 0,33 0,28 0,25
Pleurotaenium Ehrenb.	1,04	1,05		0,019
Euastrum oblongum .	1,35	0,63 0,15 0,087		
Eu. affine		0,52 0,44 0,31 0,13		
Eu. ansatum	1,35	0,63 0,45		0,004 0,004 0,003 0,001
Eu. insigne		0,13 0,12		0,026
Eu. verrucosum	1,38 0,69 0,39			
Micrasterias pinn.		0,088		
Micr. truncata	0,165 0,14		0,00044	0,0166 0,013
Micr. rotata . .		0,38		0,0085
Cosmarium pseudopyr.	0,5 0,34 0,26	0,4	0,34 0,16 0,088	
Cosm. connatum .		0,48		

	0,8 Ha.	0,6 Harnst.	0,8 Gl.	0,6 Glyc.
Cosm. cucurbita	0,45 0,34		0,37 0,061 0,029	
Xanthidium armatum	0,218		0,00044	0,0166 0,013 0,0085
Staurastrum muticum		0,44 0,39 0,28		0,39 0,31 0,13 0,12 0,11
		MP' : 0,37		**MP' : 0,21**
Staur. polymorphum		0,66		0,73 0,57 0,44 0,36 0,33 0,26 0,23 0,16 0,13
				MP' : 0,37
Staur. glabrum		0,78 0,52		0,9 0,45 0,35 0,29 0,43 0,21 0,18 0,13 0.115
		MP' : 0,65		**MP' : 0,34**
Staur. furcatum	0,23			
Hyalotheca diss.			0,026	
Desmidium Swartzii	0,23	1,57 0,52 0,48 1,6		0,26 0,07
Gymnozyga Breb.		1,6	0,17	

Aus der Tabelle läßt sich entnehmen, daß die Durchlässigkeit für Harnstoff und Glycerin bei den hier untersuchten Arten in der gleichen Größenordnung liegt wie bei den eingehend untersuchten Formen *Cl. Dianae* und *Plt. Ehrenbergii.* Die höchsten Werte wurden an *Netrium Digitus* P′ = 2,46 festgestellt; auch *Closterium gracile* wies in 0,6 molarem Harnstoff Werte von P′ = 2,0 auf. Die P′-Werte der übrigen untersuchten Arten lagen niedriger, wie *Cl. striolatum* P′ = 0,35 (Mittelwert). Beachtenswert ist die vielfach hohe Streuung, wie z. B. bei *Desmidium Swartzii* P′ = 1,6 bis P′ = 0,48.

Was nun den Vergleich der Harnstoff- und Glycerinpermeabilität betrifft, so zeigt sich, daß die Mesotaeniale *Cylindrocystis Breb.* die einzige Art ist, bei der rascheres Permeieren von Glycerin zu beobachten war. Bei allen anderen Arten permeiert Harnstoff rascher als Glycerin, wenn auch bei weitem nicht überall um so viel wie bei *Cl. Dianae* und *Pleurotaenium Ehrenbergii.* Bei *Netrium Digitus, Cl. parvulum* und den kleinen *Staurastren* ist die Permeationsgeschwindigkeit der beiden Plasmolytika annähernd gleich, während sie bei anderen Arten, wie z. B. *Cl. striolatum,*

Cl. gracile, Eu. ansatum und *Micr. truncata,* sehr große Unterschiede aufweist. Hier eilt der Harnstoff dem Glycerin weit voraus.

Diese Versuche haben also gezeigt, daß wir es bei der Mehrzahl der Arten mit einem reinen amidophilen Lösungstyp zu tun haben, während bei einigen anderen Arten die Glycerinpermeabilität demgegenüber erhöht ist.

Zusammenfassung.

1. Die Permeabilität des Desmidiaceenplasmas für Anelektrolyte wurde an *Pleurotaenium Ehrenbergii* und *Closterium Dianae* plasmometrisch untersucht. Für diese Objekte wurde festgestellt, daß Methylharnstoff rascher permeiert als Harnstoff und dieser wieder rascher als Glycerin. Wenn die Stundenrückdehnung der Protoplasten als Maß für die Permeabilität verwendet wird, so beträgt das Verhältnis der Permeationsgeschwindigkeit der einzelnen Plasmolytika zueinander bei einigen gleichzeitig laufenden Parallelversuchen durchschnittlich:

$$M : H : G = 6 : 1 : 0{,}025,$$

was dem Normaltyp der vergleichenden Permeabilitätsforschung entspricht.

2. Eine fixe Abhängigkeit der Permeabilität von der H-Ionenkonzentration konnte nicht mit Sicherheit festgestellt werden.

3. Licht und höhere Temperatur fördern die Permeabilität, und zwar nicht nur gekoppelt, sondern auch jeder dieser wichtigen Umweltfaktoren für sich.

4. Traubenzucker permeiert bei den untersuchten Formen *Pleurotaenium Ehrenbergii* und *Closterium Dianae* ganz langsam, und zwar in dem Maß, wie es für den *Majanthemum-Chara-Typ* gewöhnlich gefunden wird. Anfänglich wird die Traubenzuckerpermeabilität allerdings durch Exosmose überdeckt.

5. Die Permeationswerte für Malonamid und Erythrit liegen ebenfalls in der Größenordnung, die für den Normaltypus charakteristisch ist.

6. Die Durchschnittswerte der Stundenrückdehnung liegen für die einzelnen Plasmolytika bei:

Methylharnstoff	2,6800
Harnstoff	0,5452
Glycerin	0,0441
Malonamid	0,0176
Erythrit	0,0043
Traubenzucker	0,0037.

7. Die Permeationsgeschwindigkeit von Glycerin reicht bei einigen Arten, wie z. B. *Cylindrocystis Brebissonii, Netrium Digitus, Closterium parvulum* und einigen *Staurastren,* an die des Harnstoffs heran oder weist doch zumindest die gleiche Größenordnung auf.

8. Das Plasma der Desmidiaceen gehört demnach in bezug auf seine Permeabilitätseigenschaften dem amidophilen Lösungstyp an, wenn auch bei einigen Arten die Glycerinpermeabilität erhöht ist.

Literaturverzeichnis.

Andrews, F. W., 1915. Die Wirkung der Zentrifugalkraft auf Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot. 56, S. 221, 251.
Bärlund, H., 1929. Permeabilitätsstudien an Epidermiszellen von Rhoeo discolor. Acta bot. Fenn, Bd. 5, S. 1.
Biebl, R., 1948. Permeabilitätsversuche an der Kartoffelpflanze. Österr. bot. Zeitschr. 95, Heft 2.
Carter, N., 1919. Studies on the Chloroplasts of Desmids I.—IV. Annals of Botany 33, p. 215, 265, 295, 303.
Cholnoky, B. und Schindler, H., 1951. Winterlicher Diatomeen-Aspekt des Ramsauer Torfmoores. Verh. d. zool.-bot. Ges. Bd. 92, S. 228.
Collander, R., 1949. The permeability of plant protoplasts to small molekules. Physiol. Plantarum 2 : 300.
Collander und Bärlund, 1933. Permeabilitätsstudien an Chara ceratophylla II. Permeabilität für Nichtelektrolyte. Acta bot. Fenn. Bd. 11, S. 2.
Collander, R. und Wikström, B., 1949. Die Permeabilität pflanzlicher Protoplasten für Harnstoff und Alkylharnstoffe. Physiologia Plantarum, vol. 2, p. 235.
Eibl, K., 1939 a. Kontraktion der Chromatophoren bei Micrasterias rotata. Protopl. 32, S. 251.
— 1939 b. Das Verhalten der Spirogyra-Chloroplasten bei Zentrifugierung. Protopl. 33, S. 73.
— 1939 c. Studien über das Plasmolyseverhalten der Desmidiaceen-Chromatophoren. Protopl. 33, S. 531.
— 1939. Plasmolytische Untersuchungen an den Plastiden von Spirogyra. Protopl. 33, S. 161.
— 1940. Lipophanerose der Plastiden von Spirogyra durch Kaliumoleat u. a. Seifen. Protopl. 34, S. 343.
— 1941. Die Restitution der Chromatophorenform bei Micrasterias rotata nach Schleuderung. Protopl. 35, S. 595.
Elo, J. E., 1937. Vergleichende Permeabilitätsstudien, besonders an niederen Pflanzen. Annal. Bot. Sec. Zool. Bot. Fenn. Bd. 8, Nr. 6.
Fritsch, F. E., 1948. The Structure and Reproduction of the Algae. Cambridge.
Heimerl, A., 1891. Desmidiaceae alpinae. Verh. d. k. k. zool.-bot. Ges. in Wien 41, S. 587.

Höfler, K., 1918. Permeabilitätsbestimmung nach der plasmometrischen Methode. Ber. d. dtsch. bot. Ges. 36, S. 114.
— 1926. Über Eisengehalt und lokale Eisenspeicherung in der Zellwand der Desmidiaceen. Sitz.-Ber. d. Akad. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., Abt. I, 135. Bd., S. 103.
1926. Über die Zuckerpermeabilität plasmolysierter Protoplaste. Planta Bd. 2, S. 454.
— 1934. Permeabilitätsstudien an Stengelzellen von Majanthemum bifolium. Sitz.-Ber. d. Akad. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., I. Abt., 143. Bd., S. 213.
— 1940. Aus der Protoplasmatik der Diatomeen. Ber. d. dtsch. Bot. Ges. 58, S. 97.
— 1942. Unsere derzeitige Kenntnis von den spezifischen Permeabilitätsreihen. Ber. d. dtsch. Bot. Ges. 60, S. 179.
— 1943. Über Fettspeicherung und Zuckerpermeabilität einiger Diatomeen und über Diagonalsymmetrie im Diatomeenprotoplasten. Protopl. Bd. 38, S. 71.
— 1950. New Facts on Water Permeability. Protopl. Bd. 39, Heft 4, S. 677.
— 1951. Zur Kälteresistenz einiger Hochmooralgen. Verh. d. Zool. Ges. Bd. 92, S. 237.
— 1951. Plasmolyse mit Natriumkarbonat. Protopl. Bd. 40, S. 426.
Hofmeister, L., 1935. Vergleichende Untersuchungen über spezifische Permeabilitätsreihen. Bibliotheca Botanica Heft 113.
— 1942. Die Permeabilität pflanzlichen Protoplasmas für Anelektrolyte. Tabulae biologicae vol. 8, p. 122.
— 1948. Über die Permeabilitätsbestimmung nach der Deplasmolysezeit. Sitz.-Ber. d. öst. Akad. d. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., Abt. I. 157. Bd., S. 83.
Klebs, G, 1885. Bewegung und Schleimbildung der Desmidiaceen. Biol, Zentralbl. 5. Bd., S. 353.
Kopetzky-Rechtperg, O., 1931 a. Über die Zellen in der Gattung Closterium Nitzsch. Beih. Bot. Zentralbl. 47, I. Abt., S. 291.
— 1931 b. Die „Zersetzungskörperchen“ der Desmidiaceenzelle. Arch. f. Protistenkunde 75, S. 270.
— 1932. Die Nucleolen im Kern der Desmidiacee. Beih. Bot. Zentralblatt 49, I. Abt., S. 686.
— 1938. Mitteilungen über eine Protoplasmastruktur der Desmidiale Netrium Digitus und über einige Inhaltskörper dieser Alge. Protopl. 31, S. 607.
— 1949. Zellbau und Zelleinschlüsse bei Conjugaten, bes. Desmidiales. Protopl. 39, S. 106.
Krebs, I., 1951. Beiträge zur Kenntnis des Desmidiaceen-Protoplasten. I. Osmotische Werte. II. Plastidenkonsistenz. Sitz.-Ber. d. Öst. Akad. d. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., Abt. I, 160. Bd., S. 579.
Kreuz, J., 1940. Der Einfluß von Calcium- und Kaliumsalzen auf die Permeabilität des Protoplasmas für Harnstoff und Glycerin. Österr. bot. Zeitschr. 90, S. 1.
Krieger, W., 1933. Die Desmidiaceen Europas mit Berücksichtigung der außereuropäischen Arten. Rabenhorsts Kryptogamenflora 13, I. Abt.
Küster, E., 1937. Pathologie der Pflanzenzelle, II. Teil, Plastiden. Protoplasmamonographien, Bd. 13.
— 1937 c. Anisotrope Plastiden. Zeitschr. f. wiss. Mikr. Bd. 54, S. 68.
Lepeschkin, W. W., 1909. Über die Permeabilitätsbestimmung der Plasmamembran für gelöste Stoffe. Ber. d. dtsch. Bot. Ges. 27, S. 129.
Lütkemüller, I., 1902. Die Zellmembran der Desmidiaceen Beitr. z. Biol. d. Pfl., Bd. 8, S. 347.

Marklund, G., 1936. Vergleichende Permeabilitätsstudien an pflanzlichen Protoplasten. Acta bot. Fenn. Bd. 18, S. 1.
Menke, W., 1934 a. Chloroplastenstudien. Protopl. 21, S. 279.
— 1934 b. Chloroplastidenstudien. 2. Mitt. Protopl. 22, S. 56.
Nägeli, N., 1893. Über oligodynamische Erscheinungen in lebenden Zellen. Zürich. Neue Denkschriften allg. Schweiz. Ges. Naturwiss. 23.
Oltmanns, F., 1922. Morphologie und Biologie der Algen.
Pecksieder, E., 1947. Permeabilitätsstudien an Lebermoosen. Sitz.-Ber. d. Öst. Akad. d. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., Abt. I, 156. Bd., S. 521.
Repp, G,. 1939. Ökologische Untersuchungen im Halophytengebiet am Neusiedler See. Jahrb Wiss. Bot. 88, S. 554.
Rottenburg, W., 1943. Die Plasmapermeabilität für Harnstoff und Glycerin in ihrer Abhängigkeit von der Wasserstoffionenkonzentration. Flora Bd. 37, S. 231.
Weber, F., 1925. Schraubenplasmolyse bei Spirogyra. Ber. d. dtsch. bot. Ges. 43, S. 314.
— 1937. Die Doppelbrechung der Chloroplasten. Protopl. 27, S. 280.
West, W. und West, G., 1904—1923. A Monographie of British Desmidiaceae, Vol. 1—5, London.